



TITLE:

<大学の研究・動向> 自立分散型無線情報ネットワークの構築に向けて

AUTHOR(S):

吉田, 進; 廣瀬, 勝一; 村田, 英一

CITATION:

吉田, 進 ...[et al]. <大学の研究・動向> 自立分散型無線情報ネットワークの構築に向けて. Cue 1999, 4: 3-7

ISSUE DATE:

1999-12

URL:

<https://doi.org/10.14989/57797>

RIGHT:

大学の研究・動向

自立分散型無線情報ネットワークの構築に向けて

京都大学大学院情報学研究科 通信情報システム専攻

通信システム工学講座・デジタル通信分野

教授 吉 田 進

yoshida@hanase.kuee.kyoto-u.ac.jp

講師 廣 瀬 勝 一

hirose@hanase.kuee.kyoto-u.ac.jp

助手 村 田 英 一

murata@hanase.kuee.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

情報通信ネットワーク基盤、なかでも携帯電話に代表される移動体通信はいつどこにようと必要な情報を必要ときに受発信できる手段を提供できるために世界的に注目されてきた。既に次世代の携帯電話方式である“ワイドバンドCDMA”の研究開発も見通しがつき、これにより現在の方式に比べて格段に高速な情報伝送が可能となり、移動通信の新たな展開が期待されている。特に、今後は携帯電話としてだけでなく、携帯型のインターネット端末として益々発展することが期待されている。

一方、移動端末どうしが直接的に、あるいは移動端末が中継ノードとなり多段中継（マルチホップ）接続により通信を行なう新しいタイプの自律分散制御無線情報ネットワークがこれから大いに発展すると考えられている。オフィスの中の計算機や周辺装置類を無線で結合する無線LANが最近注目されてきているが、これらは天井などに設置された有線LANに接続されたアンテナとを無線で結合するものであり、建物の中でしか利用できない。別のタイプの無線LANとして、端末どうしが自律分散的にネットワークを組み、必要な情報交換を行ない、会議等が行なえるタイプの無線LANがありアドホック（ad hoc）無線LANと呼ばれている。この無線LANを用いれば、砂浜であれ公園の木陰であれ、ノートパソコンなどを持ち寄ればどこでも会議が可能になる。

また、最近ブルーツース（Bluetooth）と名付けられた企業のコンソーシアムが作られ、微弱な電波を用いて身の回りのあらゆる電子機器に送受信機機能を埋め込む計画が進んでいる。例えば、電子カメラでとった写真を鞆のなかにいれたままのノートパソコンへ電波で送り込み、ノートパソコンで電子メールに添付した後、鞆の中のパソコンから携帯電話経由でインターネットにメールを送信することが可能になる。このように、あらゆる機器に微弱電波の送受信機を組み込むことにより思いもよらなかった新しい応用や展開が可能になって来る。

また、計算機分野では“ウェアラブルコンピュータ”と称する着衣型（身にまとえる）コンピュータが話題になっている。小型化した計算機を出来る限り自然な形で身にまとい、技能工やナビゲーション目的から、いずれビジネスユース等への発展が期待されている。と同時に、携帯通信端末と携帯コンピュータが融合し、その境目がなくなっていくであろう。そして、通信技術の発展によりいずれ情報通信端末さえ持ち歩けば、いつでもどこからでも何不自由なく計算機が自由に使える環境が実現されるであろう。

一方、車の世界では、今はナビゲーションが中心であるが、これからは車どうしや車と路側にあるアンテナ間等で必要な情報をやり取りして、交通安全対策や車の居住環境を大幅に改善しようという計画が進んでいる。いわゆる「フロントシート（前部座席）・インフォメーション」としては、車の

安全運転につながる様々な情報をやり取りするほか、「リアシート（後部座席）・インフォメーション」として、音楽やテレビ、ゲームなど娯楽情報のやりとりが計画されている。

以上のように、移動体通信のインフラとしての携帯電話やPHSのネットワーク、更には衛星携帯電話ネットワークに加えて、自律分散的な全無線ネットワークがこれから大いに発展すると期待され、将来的には両者が融合し、ユーザにとっては全無線ネットワークが表に見えて、インフラ部分は影に隠れた、ネットワークを特段意識しなくても意のままに使えるような、人間に優しい情報ネットワークの構築に多いに寄与することが期待されている。

当研究室では、これまで市街地における高速移動体通信を実現するために必要となる様々な要素技術について研究を行ってきたが、これからはより高度な移動体通信、すなわち超高速移動体通信、ワイヤレスインターネットさらにはマルチホップ型の全無線自律分散情報ネットワークなど無線通信の新たな展開を目指した研究を行っていくつもりである。

ところが、これらの通信の舞台となる市街地やビル内の電波伝搬環境は極めて劣悪であり、通路差の大きな多重経路伝搬に伴うひずみやフェージング、様々な予期しない電波干渉により通信品質が著しく劣化する。また、情報の盗聴や意図的な改竄も容易である。そこで、このような劣悪な通信路上で、将来の高度な広帯域マルチメディア移動体通信の実現や全無線通信の新たな展開を目指して、様々な角度から研究を進めている。いくつかの代表的なテーマ例と現在の研究状況を以下に示す。

2. 無線信号処理技術の研究

移動体無線通信に特有の技術課題として 1) 建物などで反射し遅れて到来する遅延多重波、2) 周辺から到来する同じ周波数の干渉波（混信）がある。今後ますます高速なデータ伝送が移動体通信においても求められると考えられるが、変調速度の高速化に伴って遅延多重波の遅延時間が相対的に大きくなり、何らかの対策を施さなければ伝送品質が著しく劣化してしまう。また、電波の有効利用には周辺から到来する干渉波対策が重要である。

一方、大容量の無線伝送路には広い周波数帯域が必要であり、周波数帯域確保の点からより高い周波数を用いる趨勢にある。しかし、電波の減衰は高い周波数になるほど大きくなるため、大容量伝送には受信電界強度の確保が必要であるが、携帯電話等では電池の制約から送信電力を増すことは極めて困難である。元々、伝送速度に比例して所要送信電力は増えるため、減衰の増大と相まって伝送速度の高速化は電力の点からも極めて難しい課題である。このように、大容量無線伝送の実現には大きなブレークスルーが必要である。

これらの問題に対処するための1つのアプローチとして、信号処理の高度化、高性能化がある。これは急速な半導体技術の進歩と共に現実性を帯びてきている有力な手法である。当研究室では遅延多重波対策として有効な最尤復号法を核に、適応推定理論等を応用しつつ干渉波対策を施した無線信号処理方式の研究を行っている（図1に室内実験風景を示す）。なおこの一環として実施中であるトレリス符号化干渉キャンセラの研究成果の一部については“Cue 第2号”43ページを参照されたい。

3. 全無線自律分散ネットワークの研究

当研究室ではITS（Intelligent Transport Systems）の基盤技術の1つとして車車間通信に着目し、その実現に必要な諸技術の研究を行っている（図2に概念を示す）。具体的には 1) 車車間通信に適したアクセス方式、2) 車車間通信用自律分散資源割り当て方式、3) 車両時刻同期方式、4) 車車間無線通信用信号処理方式、である。このような要素技術を総合することによって、より安全で効率的な道路交通を実現することを目標としている。

このように道路交通問題の解決に期待の大きいITS車車間通信であるが、この研究領域は従来の通



図1 無線信号処理の室内実験風景（遅延多重波と干渉波を同時に処理可能な信号処理アルゴリズムTCCを試作し、室内伝送実験を行っているところ）

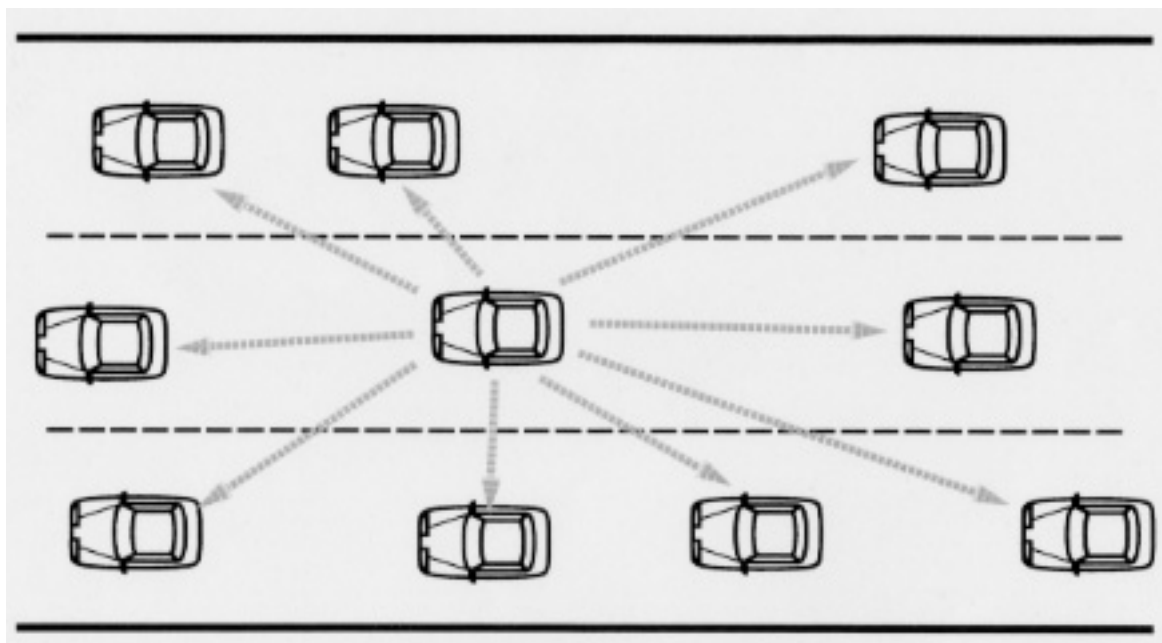


図2 高度道路交通システムITSにおける車車間通信の概念図（車両間で操舵、アクセル、ブレーキ情報などをやり取りし安全性を向上する）

信とは根本的に異なった側面を持つ意味からも注目される。すなわち、ITS 車車間通信は特別なインフラストラクチャを用いずに利用者同士が通信を行う形態となる。これは中央集権的な制御機構も持たない、初めての実用的な消費者向け無線通信システムとなる。この機能を発展させれば、全てが無線通信で実現された「全無線インターネット」や「全無線市内網」が可能となり、社会の通信システムに大きな革新をもたらすと予想される。

4. CDMA干渉キャンセラの研究

次世代移動通信システムIMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) は、静止時で2Mbps、歩行時で384kbps、高速移動時でも144kbpsのデータ伝送速度を最低限の目標としており、広帯域の直接拡散CDMA (Code Division Multiple Access) が採用され、2001年には商用サービスが開始される予定である。

CDMA では複数の利用者が同一周波数帯を用いて通信を行うため、他の利用者の信号が他局干渉となる。CDMA 方式の利用者収容能力は他局干渉量に大きく依存するため干渉キャンセラによる他局干渉抑制が必要不可欠である。特に、レプリカ減算型のマルチステージ干渉キャンセラは優れた干

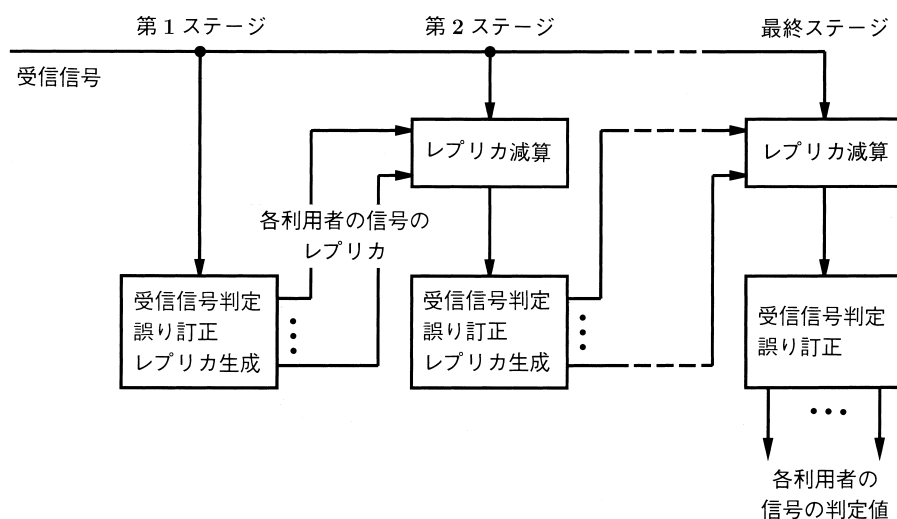


図3 受信信号の判定誤りを誤り訂正符号によって訂正するレプリカ減算型干渉キャンセラ

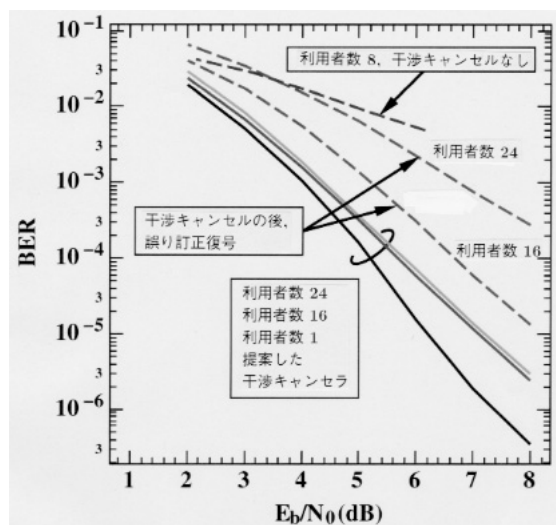


図4 レイリーフェージング伝搬路におけるビット誤り率 (BER) 特性。
横軸 (E_b/N_0) は1ビット当りの信号エネルギー対雑音電力密度比。

渉除去能力をもつ事が知られている。

レプリカ減算型干渉キャンセラでは受信側で受信予測値を推定し、受信信号から差し引くことで他局干渉を除去する。しかし受信信号推定値の判定を誤った場合、逆効果となり得る。そこで受信信号の判定誤りを誤り訂正符号を用いて訂正する方式について研究を進めている（図3）。この干渉キャンセラでは、マルチステージ処理で受信信号の判定の誤り訂正が繰り返し行われるため、繰り返し復号により、従来の干渉キャンセラの特性を大きく改善することができる。提案干渉キャンセラの特性をシミュレーションにより評価した結果、図4に示すように、レイリーフェージング伝搬路と呼ばれる劣悪な伝搬路においても良好な特性を示すことが確認された。

5. 情報セキュリティの研究

情報化社会ではもちろんのこと、上述のマルチホップネットワークにおいては中継される情報の保護、利用者の認証やプライバシー保護といった情報セキュリティの問題が非常に重要となる。セキュリティを保証するために不可欠な要素の一つとして、暗号が挙げられる。

当研究室ではこれまで、認証付鍵共有方式の研究を行ってきた。認証付鍵共有は、盗聴や改ざんの可能性のある危険なネットワークを介して、意図した相手とのみ秘密鍵を共有することを実現する方式である。

当研究室で提案した鍵共有方式は、1976年に Diffie と Hellman が提案した鍵共有方式を利用した方式であり、この安全性は、離散対数問題と呼ばれる整数論に関する問題を解くことが困難であるという仮定に基づく。なお、離散対数問題を効率よく解く解法は未だ知られておらず、多くの研究者は、そのような解法はおそらく存在しないと予想している。

本方式については、第三者による当事者へのなりすましや、妨害の防止などが可能であることが証明される。

6. 将来に向けて

今後、情報通信ネットワークは固定通信網と移動通信網、インフラストラクチャをベースとする無線ネットワークと自律分散型無線ネットワーク等が高度に融合し、ユーザは特設ネットワークを意識しなくとも、ネットワーク側が自律的に必要なルートや接続先を探し出し、いつでもどこでも自由に所望の情報が受発信できるネットワークが構築されていくであろう。すべての自動車に広帯域のインターネット・ルータを搭載して、無線インターネットの中継局にしてみようという計画もあながち夢ではなくなるであろう。

また、デジタル信号処理技術の進展は著しく、無線の送受信機は高度に環境適応的な信号処理機能を備えたマルチバンドアンテナ付きの変身自在なソフトウェア無線機（software defined radio）に向けての発展が期待されている。

次世代、次々世代の情報通信ネットワークのあるべき姿を見据え、それに向けての基礎的情報通信技術の追求を進めて行きたいと願っている。